

Light-emitting diod with a thick transparent layer.

Patent Number: ☐ EP0551001, B1

Publication date: 1993-07-14

Inventor(s): FLETCHER ROBERT M (US); HUANG KUO-HSIN (US); KUO CHIHPIING (US); YU JIANN (US); OSENTOWSKI TIMOTHY D (US)

Applicant(s): HEWLETT PACKARD CO (US)

Requested Patent: ☐ JP5275740

Application Number: EP19920311706 19921222

Priority Number (s): US19920819542 19920110


IPC Classification: H01L33/00

EC Classification: H01L33/00B6B3, H01L33/00G3

Equivalents: DE69229991D, DE69229991T, ☐ US5233204

Cited Documents: EP0350242; DE4017632; EP0434233; JP61198789; JP58137272; JP4130675

Abstract

A light emitting diode (LED) 100, 200, 200' and 300, including a light generation region 103, 203, 203', 303, situated on a light-absorbing substrate 105, 205, 205', 305, also includes a thick transparent layer 102, 204, 204', 302, 304, which ensures that an increased amount of light is emitted from the sides 111, 211, 211', 311, of the LED and only a minimum amount of light is absorbed by the substrate 105, 205, 205', 305. The thickness of the transparent layer 102, 204, 204', 302, 304, is determined as a function of its width and the critical angle at which light is internally reflected within the transparent layer. The thick transparent layer is located either above, below or both above and below the light generation region 103, 203, 203', 303. The thick transparent layer 102, 204, 204', 302, 304, may be made of materials and with fabrication processes different from the light generation region. 

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-275740

(43) 公開日 平成5年(1993)10月22日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

A 8934-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数7(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平5-18005

(22) 出願日 平成5年(1993)1月8日

(31) 優先権主張番号 819, 542

(32) 優先日 1992年1月10日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590000400

ヒューレット・パッカード・カンパニー
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 ロバート・エム・フレッチャー

アメリカ合衆国カリフォルニア州サン・ホ
ゼ, フッダーフィールド・コート1520

(72) 発明者 クオ・シン・ファン

アメリカ合衆国カリフォルニア州サニーベ
イル, ヒルバニア・ウエイ734

(74) 代理人 弁理士 長谷川 次男

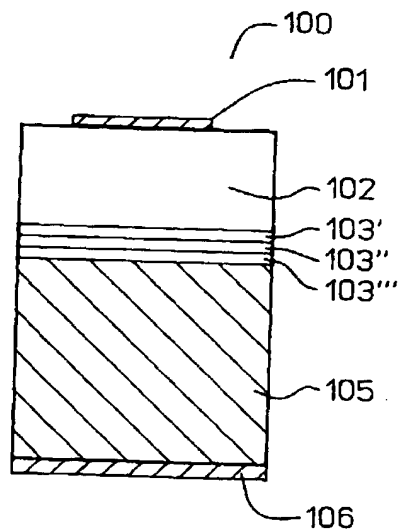
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光ダイオード

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 発光ダイオードの全光出力効率を改善する。

【構成】 上部金属接点101と発光領域間103、ある
いは吸光基板105と発光領域間103、あるいはその
双方に、従来技術におけるより厚い透明層102を介在
させることにより、発光領域から発光ダイオード外へ出
る光の割合を増加させた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】屈折率 η_1 の媒体に光を放出する、横方向の寸法がAで後記(イ)及至(ハ)を含む発光ダイオード。

(イ) 吸光基板、

(ロ) 前記吸光基板上に形成された光発生領域、

(ハ) 前記光発生領域上に形成され、厚さDが0.06Aより大きい上部肉厚透明層。

【請求項2】臨界面角前記上部肉厚透明層の屈折率が η_2 で、臨界面角 $\theta_c = \sin^{-1}(\eta_1/\eta_2)$ が 45° 以下で、前記厚さDが $(A * \tan \theta_c) / 2$ の4倍より大きいことを特徴とする請求項1記載の発光ダイオード。

【請求項3】前記上部肉厚透明層の屈折率が η_2 で、臨界面角 $\theta_c = \sin^{-1}(\eta_1/\eta_2)$ が 45° 以上で、前記厚さDが $A * (\tan(90^\circ - \theta_c)) / 2$ の4倍以下であることを特徴とする請求項1記載の発光ダイオード。

【請求項4】前記光発生領域が第1の処理方法により形成され、前記上部肉厚透明層が前記第1の処理とは異なる第2の処理方法により形成されることを特徴とする請求項1記載の発光ダイオード。

【請求項5】屈折率 η_1 の媒体に光を放出する、横方向の寸法がAで後記(イ)及至(二)を含む発光ダイオード。

(イ) 吸光基板、

(ロ) 前記吸光基板上に形成され、厚さがDBである下部肉厚透明層、

(ハ) 前記下部肉厚透明層上に形成された光発生領域。

(二) 前記光発生領域上に形成され、厚さがDTである下部肉厚透明層。

【請求項6】屈折率 η_1 の媒体に光を放出する、後記(イ)及至(ハ)を含む発光ダイオード。

(イ) 吸光基板、

(ロ) 前記吸光基板上に形成された下部肉厚透明層、

(ハ) 前記下部肉厚透明層上に形成された光発生層。

【請求項7】前記発光ダイオードの横方向の寸法がAで、前記下部肉厚透明層の屈折率が η_2 であり、臨界面角 $\theta_c = \sin^{-1}(\eta_1/\eta_2)$ とすると、前記下部肉厚透明層の厚さDが $A * \tan \theta_c$ の4倍より小さいことを特徴とする請求項6記載の発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の技術分野】本発明は発光ダイオードに関する。

【0002】

【発明の従来技術と問題点】吸光基板上に配置された半導体光発生領域を有する発光ダイオード(LED)は光源として広く用いられ、白熱ランプに替わるものとなってきた。光出力に対する要求を満たすためにはLEDの全光出力効率を最大限にすることが重要である。

【0003】従来技術においてなされた改良の一つが米

国特許5,008,718号に開示されているが、この特許では光発生領域と上部金属接点の間に薄い導電性の透明な窓層を設けて電流の密集が最小限となるようにすることによってLEDの電氣的効率を高めている。この薄い窓層の問題点は光発生領域によって発生する光のうちのかなりの部分が依然として窓層内で内反射され、LEDの外に発せられずに基板に吸収されることである。

【0004】

【発明の目的】従って本発明の目的は、新規な構造によりLEDの全光出力効率を増大することである。

【0005】

【発明の概要】この発明の一実施例によれば、LEDは肉厚の透明層を有し、この層はLEDの側面から発せられる光の量を増大させ、基板によって吸収される光を最小限にする。この透明層の厚みは透明層の幅と光がこの肉厚透明層内で内部反射される臨界面角の関数として決定される。

【0006】この発明の第1実施例にしたがって構成されたLEDにおいては、この肉厚透明層が光発生領域を覆い、この光発生領域が吸光基板を覆う。この第1実施例にしたがって、薄い導電性の透明窓層を有する従来のLEDにおいて典型的な約20ルーメン/アンペアに対して40ルーメン/アンペアの光出力効率を有するLEDを製作した。

【0007】この発明の第2実施例にしたがって構成されたLEDでは、この肉厚透明層は光発生領域と吸光基板の間に配置されている。

【0008】この発明の第3実施例にしたがって構成されたLEDでは、上部肉厚透明層が光発生領域の上に配置され、下部肉厚透明層が光発生領域と吸光基板の間に配置されている。

【0009】この肉厚透明層は光発生領域によって発生した光を吸収しないように光発生領域より大きなバンドギャップを有する材料で作成しなければならない。この肉厚透明層の製作方法は、光発生領域の製作方法と異なってもよい。これは肉厚のエピタキシャル層の形成により適した方法があるためである。

【0010】

【発明の実施例の詳細な説明】図1は反射カップ中の代表的な従来のLEDチップを示し、このチップの上部と側面から光が放射されている。反射カップはLEDチップの側面から放射される光を集め、この光を有用な方向に向ける。

【0011】図2は屈折率が η_2 である光学的に透明な材料とそれを取り囲む屈折率が η_1 である媒体の間の境界に入射角 θ_{it} で入射する光線を示す。この境界には臨界面角 θ_c があり、この臨界面角 θ_c は $\theta_c = \sin^{-1}(\eta_1/\eta_2)$ と定義される。 $\theta_{it} \leq \theta_c$ であるとき、この光線は屈折し、光学的に透明な材料の外に放射される。入射角 θ_{it} が臨界面角 θ_c に等しいとき、この光線は図2に示す

3

ようにこの材料の表面と平行な方向に放射される。 $\theta_{it} > \theta_c$ であるとき、この光線は完全に内部へ反射する。これを内部反射と称する。

【0012】図3A、図3Bはそれを取り囲む媒体の屈折率より大きい屈折率を有する光学的に透明な材料の矩形のブロック中の光線の全内部反射を示す。図3Aにおいて、このブロックの左下隅から発する光線はブロックの底面に対して角度 θ_{eb} をなし、ブロックの側面に対しては角度 θ_{es} をなす。このブロックは矩形であるからこの光線はブロックの上面に入射角 θ_{it} で当たり、この入射角 θ_{it} は θ_{es} に等しい。図3Aでは θ_{es} が臨界角 θ_c より大きく、したがってこの光線は角度 θ_{it} で全内反射し入射角 θ_{is} でブロックの右側面に当たる。再び、このブロックが矩形であり、二つの側面は平行であることから、 θ_{is} は θ_{eb} に等しい。 $\theta_{is} > \theta_c$ である場合、右側面に入射する光線はブロックの底面に全て内部反射される。

【0013】図3Bにおいて、ブロックの左上隅から放射される光線はブロックの上面に対して角度 θ_{ef} をなし、入射角 θ_{is} でブロックの右側面に当たる。このブロックが矩形であるため、 θ_{is} は θ_{ef} に等しく、 θ_{is} が臨界角より大きい場合、この光線はブロックの底面に反射される。

【0014】図4Aは上部金属接点と光発生領域の間に薄い導電性の窓層を用いて電流の密集を最小限にした従来のLEDを示す。この特徴は米国特許5,008,718号に説明されている。図4CはこのLEDから放出された光の正規化された強さIが薄い窓層の厚さDの変動にともなうように変動するかを示す。この薄い窓層の一部を覆う上部金属接点の遮蔽効果によって、この光の強さもまたLEDの横方向の全体にわたって一定ではない。図4Cは横方向の位置に対する光出力の正規化された強さIの関係を示す。この結果は1990年のJournal of Electronic Materials, Vol. 20, No. 12の1128ページに報告されており、これは米国特許5,008,718号に説明するものと同じ従来のLEDに基づくものである。

【0015】この従来のLEDは横方向の寸法Aが $250\mu\text{m}$ であり、その中央部に直径 $100\mu\text{m}$ の上部金属接点を有する。光の強さIはLEDの二つの端部OとA、およびO.3Aから0.7Aすなわち75から $175\mu\text{m}$ の上部金属接点によって覆われた領域においてゼロに落ちる。電流密集効果の減少のために、厚さDが0.008Aから0.06Aに、すなわち2から $15\mu\text{m}$ になるのにともなうLEDから放出される光の強さは増大する。厚さDがさらに大きくなっても電流密集効果はさほど低下せず、したがって米国特許5,008,718号に開示する従来のLEDでの好適な厚さは5から $15\mu\text{m}$ である。

【0016】図4Bに示すように、かかる薄い窓層を用いる従来技術の悪い副次的効果としては、この薄い窓層内部での全内部反射のためにかなりの量の光が基板に吸収されるということがある。

4

【0017】図5はこの発明の第1実施例にしたがって構成されたLED100の断面を示す。LED100は上部金属接点101、上部肉厚透明層102、光発生領域103、吸光基板105および下部金属接点106を有する。上部肉厚透明層102は横方向の寸法Aと厚みDを有する。以下の厚みDの計算において、金属接点は除外され、光発生領域103は無視できるほど薄いものとされる。

【0018】図6Aから図6Cは $\theta_c \leq 45^\circ$ のLED100の内部光線を示す。光発生領域103から発する光線はLED100の上面110あるいは側面111から放出される。図6Aは $\theta_{es} \leq \theta_c$ の光発生領域103の左隅からの光線はすべて $\theta_{it} = \theta_{es}$ であり、これは θ_c 以下であるためLED100の上面110から放出されることを示す。図6Bは光線が基板105に吸収されず透明層102の側面111から放出されるという肉厚透明層102の利点を示す。

【0019】図6CはLED100の側面111から放出される光線の量を最大限にするための肉厚透明層102のアスペクト比D/Aを決定するための制御光線の光路を示す。 θ_c 以下の入射角 θ_{is} でLED100の側面111に当たる光線はすべてLED100から放出される。 $\theta_{eb} = \theta_{is}$ であるから、これは θ_{eb} が 0° から θ_c である光線はすべてLED100から放出されることを意味する。制御光線は放射角 $\theta_{eb} = \theta_c$ の光線である。 $\theta_c \leq 45^\circ$ であるとき、この制御光線は入射角 $\theta_{it} > \theta_c$ で肉厚透明層102の上面110に当たる。これは $\theta_{it} = 90^\circ - \theta_c$ であるためである。この入射角は反射角に等しいため、上面110に当たる光線は角度 θ_{it} で全て内部反射する。この光線が基板105によって吸収されずにLED100から放出されるための最小アスペクト比D/Aはこの光線が肉厚透明層102の右下隅に当たるときに得られる。肉厚透明層102は矩形であり、したがって各側面111の高さは同じである。 $\theta_{eb} = \theta_{is}$ であるとき、肉厚透明層102の上面110に当たる光線の入射点は肉厚透明層102の横方向の寸法Aの中間点である。これはDが $(A/2) * (\tan \theta_c)$ に等しいことを意味する。

【0020】Dが $A * (\tan \theta_c) / 2$ 以下である場合、LEDから放出可能であるはずの光線のいくらかが吸光基板105によって吸収される。したがって、光出力効率はDが $D = A * (\tan \theta_c)$ まで増大するにともなう増大し、その後ほぼ一定の状態を保つ。肉厚透明層102はLEDの支持機構のように非常に厚くすることもできるが、非常に厚い層を作るには長時間を要する。さらに、光出力はDが $D = A * (\tan \theta_c) / 2$ より相当大きい場合に低下する。これはこの肉厚透明層102内の全直列電気抵抗と光の吸収がかなり増大する可能性があるためである。したがって肉厚透明層102の厚さDを $(A * (\tan \theta_c) / 2)$ の4倍よりあまり大きくならないようにすることが適当である。

【0021】図7Aから図7Cは $\theta_c > 45^\circ$ の図5に示すLED100の内部光線を示す。図7Aは $\theta_{it} = \theta_{es} \leq \theta_c$ であ

ため $\theta_{es} \leq \theta_c$ で光発生領域103の左隅から発する光線はすべてLED100の上面110から放出されることを示す。

【0022】図7Bは光線が基板105に吸収されず透明層102の側面111から放出されるという肉厚透明層102の利点を示す。

【0023】図7CはLED100の側面111から放出される光線の量を最大にするための肉厚透明層102のアスペクト比D/Aを決定するための制御光線の光路を示す。 θ_{es} が θ_c より少し大きいとき、放出された光は $\theta_{it} = \theta_{es} > \theta_c$ であるため肉厚透明層102の上面110によって全て内部反射される。この光線が基板105によって吸収されずにLED100から放出されるための最小アスペクト比D/Aはこの光線が肉厚透明層102の右下隅に当たるときに得られる。肉厚透明層102は矩形であり、したがって各側面111の高さは同じである。 $\theta_{eb} = \theta_{is}$ であるとき、肉厚透明層102の上面110に当たる光線の入射点は肉厚透明層102の横方向の寸法Aの中間点である。これはDが $(A/2) * (\tan(90^\circ - \theta_c))$ に等しいことを意味する。光出力効率はDが $D = A * (\tan(90^\circ - \theta_c))/2$ まで増大するにともなって増大し、その後ほぼ一定の状態を保つ。肉厚透明層102はLEDの支持機構のように非常に厚くすることもできるが、非常に厚い層を作るには長時間を要する。さらに、光出力はDが $D = A * (\tan(90^\circ - \theta_c))/2$ より相当大きい場合に低下する。これはこの肉厚透明層102内の全直列電気抵抗と光の吸収がかなり増大する可能性があるためである。したがって肉厚透明層102の厚さDを $(A * (\tan(90^\circ - \theta_c))/2)$ の4倍よりあまり大きくならないようにすることが適当である。

【0024】発明者は図5から図7Cに示す吸光基板105が $150\text{--}200\mu\text{m}$ の厚みと $250\mu\text{m} \times 250\mu\text{m}$ の上部断面を有するGaAs基板としてLED100を製作した。有機金属気相成長法(MOCVD)によって製作された光発生領域103は基板105の上のAlGaInPのn型下部閉じ込め層、この下部閉じ込め層の上のn型AlGaInPの活性層および活性層の上のAlGaInPの上部p型閉じ込め層からなる従来の二重ヘテロ構造である。

【0025】上部閉じ込め層および下部閉じ込め層の厚さは約800ナノメートル、活性層の厚さは約500ナノメートルである。p型ドーパントとしては亜鉛、炭素あるいはマグネシウムが適しており、n型ドーパントとしてはテルリウム、セレン、硫黄あるいは珪素が適している。光発生領域103をヘテロ接合LEDではなくホモ接合構造として製作することもできる。上部閉じ込め層を覆っているのは気相エピタキシャル処理(VPE)によって製作されたGaPの肉厚透明層102である。横方向の寸法が $250\mu\text{m}$ である肉厚透明層102は電流密集効果を最小限にするために少なくとも $15\mu\text{m}$ の厚さがなければならない。このGaPの肉厚透明層102は約0.05オームセンチメートルの抵抗率を有し、上部閉じ込め層は約0.5オーム

センチメートルの抵抗率を有する。光発生領域103のバンドギャップより大きいバンドギャップを有するAlGaAsやGaAsPなどの他の材料をこの肉厚透明層102に用いることができる。

【0026】LED100は全体が屈折率1.5のエポキシに埋め込まれている。GaPの屈折率が3.3であるとき、臨界角 θ_c は 27° である。Aが $250\mu\text{m}$ であるとき肉厚透明層102の好適な厚みDは $64\mu\text{m}$ と計算される。これはDが $A * (\tan \theta_c) / 2$ と定義されるためである。発明者によって作成された実際のLED100は厚さDが $45\mu\text{m}$ である透明層102を有し、発明者によれば光出力効率は40ルーメン/アンペアと測定された。 $64\mu\text{m}$ の透明層を用いた場合の概算光出力効率は約45ルーメン/アンペアである。

【0027】図8はこの発明の第2実施例にしたがって構成されたLED200の断面を示す。LED200は上部金属接点201、光発生領域203、下部肉厚透明層204、吸光基板205および下部金属接点206を有する。LED200は図5に示すLED100と同じ材料および加工を用いて構成することができる。下部肉厚透明層204は横方向の寸法Aと厚みDを有する。以下の厚みDの計算において、金属接点は除外され、光発生領域203は無視できるほど薄いものとされる。

【0028】図9はLED200の肉厚透明層204のアスペクト比D/Aを決定するための制御光線の光路を示す。 θ_c 以下の入射角 θ_{is} で側面211に当たる光線はすべてLED200から放出される。 $\theta_{is} = \theta_{ef}$ のとき、肉厚透明層204の最適なアスペクト比D/Aは $\tan \theta_c$ である。この肉厚透明層204はLEDの支持機構のように非常に厚くすることもできるが、非常に厚い層を作るには長時間を要する。さらに、光出力はDが $D = A * \tan \theta_c$ より相当大きい場合に低下する。これはこの肉厚透明層102内の全直列電気抵抗と光の吸収がかなり増大する可能性があるためである。したがって肉厚透明層102の厚さDを $(A * \tan \theta_c)$ の4倍よりあまり大きくならないようにすることが適当である。

【0029】図10は図8に示すLED200を変形して構成したLEDの部分断面図である。この変形LED200'は非平行の漏斗状の下部透明層204'の一例を示す。図10に示すように、放射角が $\theta_{ef} > \theta_c$ である場合でさえ、光線は入射角 $\theta_{is} < \theta_c$ で側面211'に当たり、LED200'から放出される。肉厚透明層211'の側面211'が互いに平行でなければより多量の光が下部透明層204'の側面211'から放出される。これは臨界角以下の角度で側面211'に当たる光線が増えるためである。

【0030】図11はこの発明の第3実施例にしたがって構成されたLED300の断面を示す。LED300は上部金属接点301、上部肉厚透明層302、光発生領域303、下部肉厚透明層304、吸光基板305および下部金属接点306を有する。LED300は図5に示すLED100と同じ材料お

および加工を用いて構成することができる。一般に、上部肉厚透明層302（厚さDT）は下部肉厚透明層304（厚さDB）と同じ材料で構成する必要はなく、アスペクト比 DT/A は図5から図7Cに関して上述したように決定しなければならない。アスペクト比 DB/A は図8から図9に関して上述したように決定しなければならない。

【0031】しかし、上部肉厚透明層302 が下部肉厚透明層304 と同じ材料で構成されている、あるいは下部肉厚透明層304 の臨界面より臨界面の小さい材料で構成されている場合、アスペクト比 DT/A は図5から図7Cに関して上述したようものより小さくすることができる。

【0032】図12は同じ臨界面 θ_c を有する上部肉厚透明層302 と下部肉厚透明層304 を示す。この構造は矩形であるため、放射角 $\theta_{eb} \leq \theta_c$ の光線はすべてLED 300の外へ出る。これは光線が上面310によって全て内部反射される場合、この光線は吸光基板305に達する前に入射角 $\theta_{is} = \theta_{eb} \leq \theta_c$ で側面311に当たる。したがって、上部透明層302は電流の密集の効果を最小限にするために十分な厚さでなければならないが、その端部から光線を取り出せるほど厚くする必要はない。これはこの光線を下部肉厚透明層304の側面311から放出しうるのである。しかし、これらの透明層302および304はLEDの支持機構等のように非常に厚くすることができるが、非常に厚い層を作るには長時間を要する。さらにDBが $DB = A \cdot \tan \theta_c$ よりかなり大きい場合、あるいはDTが非常に大きい場合光出力が小さくなることがある。これは肉厚透明層302および304内の全直列電気抵抗および光の吸収がかなり増大するためである。したがって、上部肉厚透明層302と下部肉厚透明層304の厚さDBとDTを $A \cdot \tan \theta_c$ の4倍よりあまり大きくならないようにすることが適当である。

【0033】図13Aから図13Dは図5から図7Cに示すLED 100を製作する好適な方法を示す。図13Aは成長室中でMOCVD法あるいは分子線エピタキシ（MBE）法を用いて活性層103' と閉じ込め層103' および103'' がはじめにGaAs基板105の上にエピタキシャル成長することを示す。次に、図13Bに示すように、部分的に製作されたLED 100を成長室から取り出すことなく上部閉じ込め層103'の成長の直後に上部閉じ込め層103'の上に薄い層102'が成長する。この薄い層102'は最終的肉厚透明層102と同じ材料で製作する必要はない。この薄い層102'は保護および遷移層としてはたらき、厚さは約2 μm である。

【0034】上部閉じ込め層103'はその内部にアルミニウムを有するため、この薄い層102'が保護層として用いられていないと、上部閉じ込め層103'は酸化することがあり、これによってエピタキシャル成長に悪影響がでる。さらに、この薄い層102'は遷移層として上部閉じ込め層103'と肉厚透明層102の間の格子の不整合による転

位を局限するはたらきをする。この局限によってこの肉厚透明層102のエピタキシャル成長を改善する。薄い層102'はGaP、GaAsP、GaAsあるいはAlGaAsとすることができる。

【0035】MOCVD法あるいはMBE法で厚い層を成長させることは費用がかかりまた困難である。図13Cに示すように、かわりにこの薄い層102'まで部分的に製作されたLED 100は別の処理を用いて上部肉厚透明層102を成長させるために搬送される。液相エピタキシャル（LPE）法または気相エピタキシャル（VPE）法を用いて肉厚透明層102は数10ミクロンの厚さに成長する。上部肉厚透明層102はGaP、GaAsPあるいはAlGaAsとすることができる。上部肉厚透明層102がAlGaAsである場合、薄い層102'の好適な材料はGaAsあるいはAlGaAsである。

【0036】薄い層102'がGaAsあるいはAlGaAsで構成される場合、この薄い層102'は肉厚透明層102を成長させる前に除去しなければならない。LPEで肉厚透明層102を成長させる場合、薄い層102'を融成物に浸せきして除去することによって肉厚透明層102の成長が行われる。この融成物の温度はまず薄い層102'をこの融成物に融解させるために2、3度上げられる。次に肉厚透明層102を成長させるために融成物の温度が下げられる。エピタキシャル層の成長のための保護層の使用と除去の方法が出願番号464,275号で1990年1月12日に出願された米国特許出願の明細書に開示されている。VPE法では、この薄い層102'は肉厚透明層102を成長させる前に気化したエッチャントでエッチングすることができる。図13Dは肉厚透明層102が成長した後、上部金属接点101と下部金属接点106が蒸着されることを示している。

【0037】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明においては、光発生領域の上、下あるいは双方に肉厚透明層を形成したので、LEDの外部へ出力される光の割合が増加するから、それらを集光することにより明るいLED装置が得られるので、実用に供して有益である。

【図面の簡単な説明】

【図1】反射カップ内に置かれた従来技術のLEDを示す図である。

【図2】臨界面 θ_c での光の屈折を示す図である。

【図3A】矩形透明層内での光線の全内部反射を示す図である。

【図3B】矩形透明層内での光線の全内部反射を示す図である。

【図4A】薄い導電性の透明な窓層を有する従来技術によるLEDの電流の通路を示す図である。

【図4B】図4Aの従来技術によるLEDの発生させた光の経路を示す図である。

【図4C】図4Aの従来技術によるLEDの射出光のされた光の強度IをLEDの横方向位置に対して表わしたグラフである（パラメータは薄い導電性の透明な窓層の

厚さD)。

【図5】本発明の第1実施例に基づくLEDの構造を示す断面図である。

【図6A】図5のLEDの $\theta_c \leq 45^\circ$ における内部光線を示す図である。

【図6B】図5のLEDの $\theta_c \leq 45^\circ$ における内部光線が基板に吸収されずに側面から放出されることを示す図である。

【図6C】図5のLEDの $\theta_c \leq 45^\circ$ における内部光線の外部への放出を最大にするためのアスペクト比D/Aを決定するための制御光線の光路を示す図である。

【図7A】 $\theta_c > 45^\circ$ における図6Aに対応する図である。

【図7B】 $\theta_c > 45^\circ$ における図6Bに対応する図である。

【図7C】 $\theta_c > 45^\circ$ における図6Cに対応する図である。

【図8】本発明の第2実施例に基づくLEDの構造を示す断面図である。

【図9】図8のLEDの内部光線を説明するための図である。

【図10】本発明の第2実施例に基づくLEDの変形して得たLEDの構造を示す部分断面図である。

【図11】本発明の第3実施例に基づくLEDの構造を示す断面図である。

【図12】図11のLEDの内部光線を示すための図である。

【図13A】本発明の第1実施例のLEDの製作工程の第1処理ステップを説明するための図である。

【図13B】図13Aの第1処理ステップに引きつづき薄い層102'を形成する第2処理ステップを説明するための図である。

【図13C】図13Bの第2処理ステップにつづく上部肉厚透明層を形成する第3処理ステップを説明するための図である。

【図13D】図13Cの第3処理ステップにつづく上部金属接点を下部金属接点の蒸着処理を説明するための図である。

【符号の説明】

101, 201, 301 : 上部金属接点

102, 302 : 上部肉厚透明層

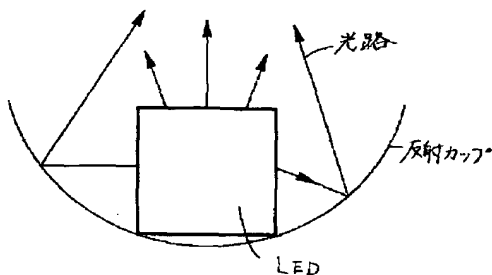
103, 203, 203', 303 : 光発生領域

204, 204', 304 : 下部肉厚透明層

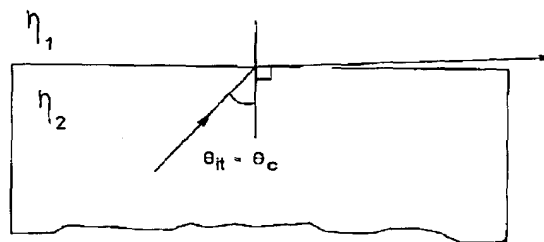
105, 205, 205', 305 : 吸光基板

106, 206, 306 : 下部金属接点

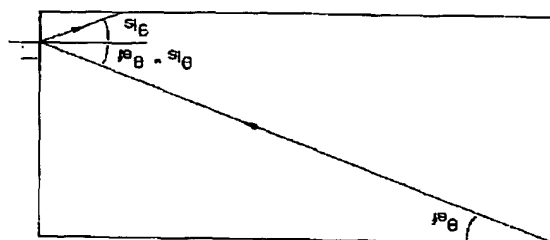
【図1】



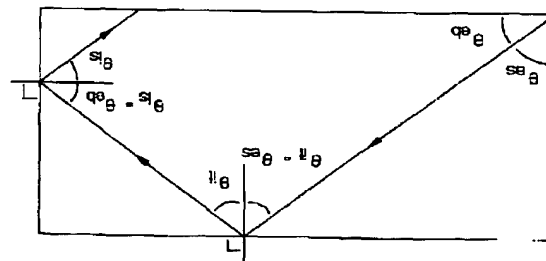
【図2】



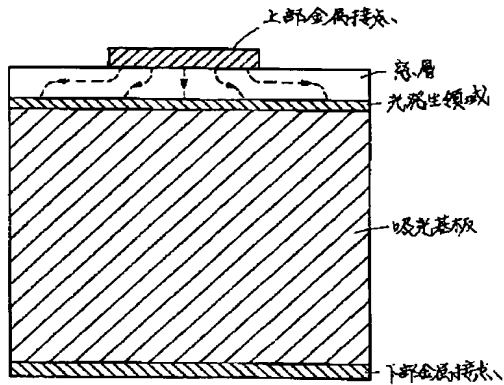
【図3A】



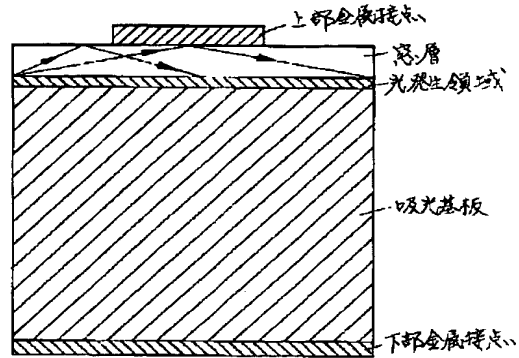
【図3B】



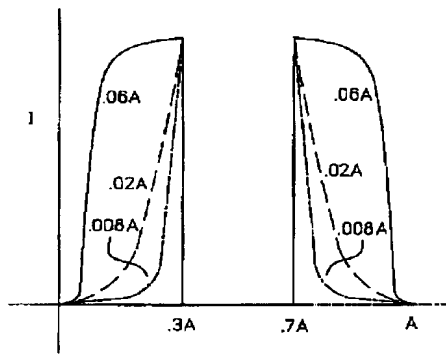
【図4 A】



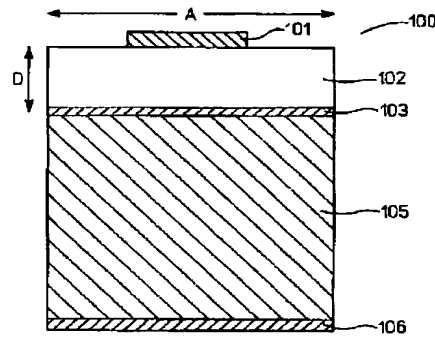
【図4 B】



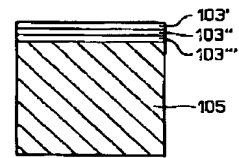
【図4 C】



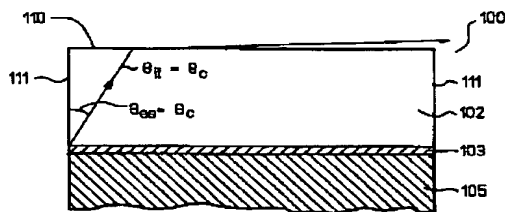
【図5】



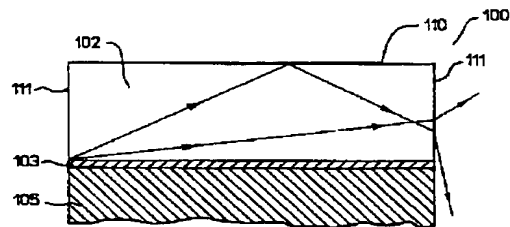
【図13 A】



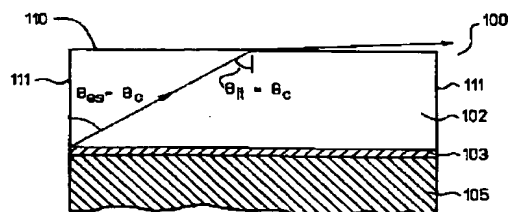
【図6 A】



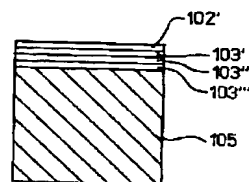
【図6 B】



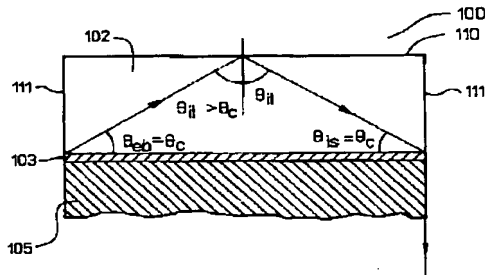
【図7 A】



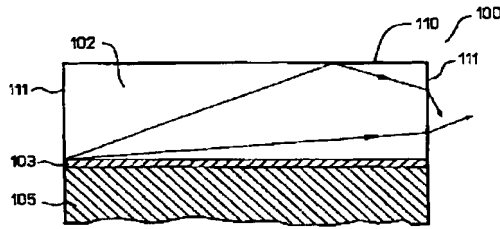
【図13 B】



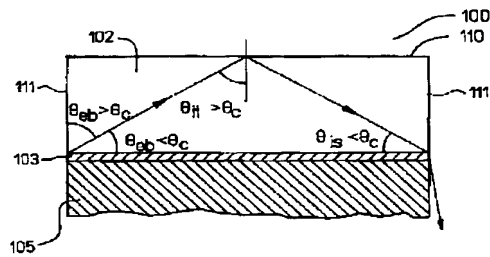
【図6C】



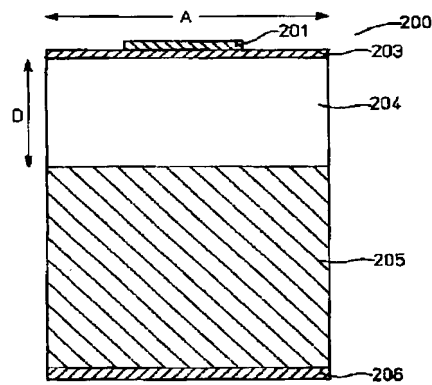
【図7B】



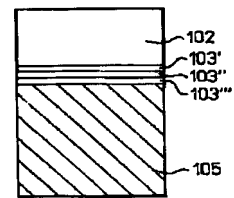
【図7C】



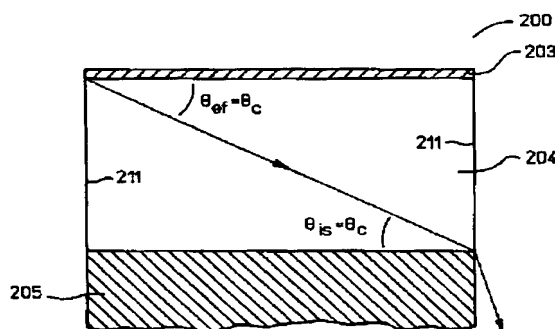
【図8】



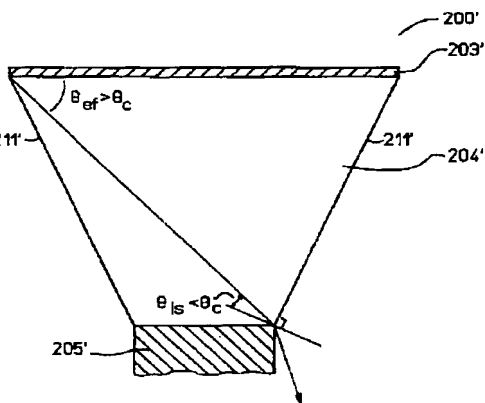
【図13C】



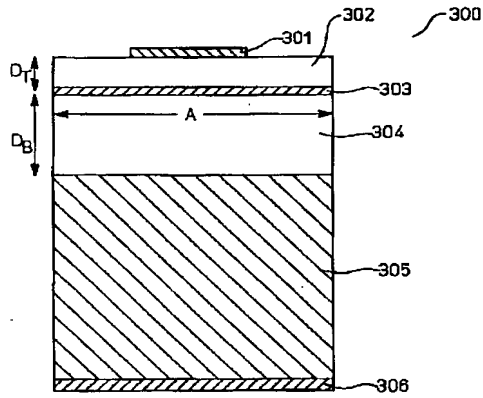
【図9】



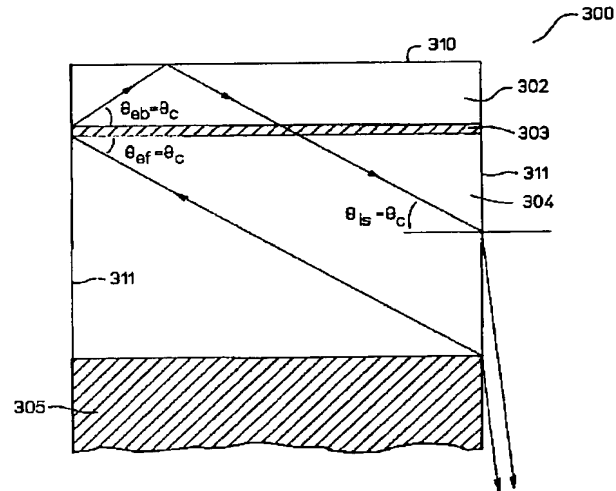
【図10】



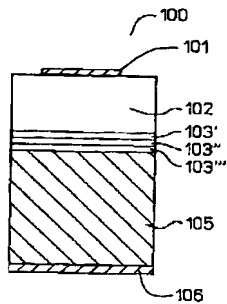
【図11】



【図12】



【図13D】



フロントページの続き

(72)発明者 チーピン・クオ
アメリカ合衆国カリフォルニア州ミルピタ
ス、エリー・サークル915

(72)発明者 ジャン・ユー
アメリカ合衆国カリフォルニア州パロ・ア
ルト、ルイス・ロード3105

(72)発明者 チモシー・デー・オセントースキ
アメリカ合衆国カリフォルニア州サン・ホ
ゼ、クリーク・ポイント・ドライブ2920